



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 196 26 596 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 R 33/00**  
H 02 H 7/20

A3



DEUTSCHES  
PATENTAMT

②1 Aktenzeichen: 196 26 596.7  
②2 Anmeldetag: 2. 7. 96  
④3 Offenlegungstag: 16. 1. 97

DE 196 26 596 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
11.07.95 US 501264

⑦1 Anmelder:  
Hewlett-Packard Co., Palo Alto, Calif., US

⑦4 Vertreter:  
Schoppe, F., Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anw., 82049 Pullach

⑦2 Erfinder:  
Scampini, Steven A., Bedford, Mass., US

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Magnetfeld-Erfassungssystem für den Schutz von verbundenen elektronischen Geräten

⑤7 Eine Schutzschaltung steuert eine elektronische Ausrüstung in Anwesenheit eines elektromagnetischen Feldes mit einem hohen Pegel. Die Schutzschaltung weist eine Feldsensoranordnung auf, welche Ausgabesignale liefert, die die magnetischen Feldstärkekomponenten anzeigen, die entlang der drei orthogonalen räumlichen Achsen ausgerichtet sind. Eine Vektorumwandlerschaltung ist mit den Feldsensoren verbunden und liefert eine Ausgabe mit einer Größe, die die Vektorsumme der elektromagnetischen Feldstärkekomponenten anzeigt. Eine erste Anzeigevorrichtung reagiert auf eine Ausgabe von dem Vektorumwandler, der eine erste Schwelle erreicht, um ein Warnsignal kundzutun, daß die magnetische Feldstärke einen Warnpegel erreicht hat. Eine zweite Anzeigevorrichtung reagiert auf eine Ausgabe von dem Vektorumwandler, der eine zweite Schwelle erreicht, die höher als die erste Schwelle ist, um die elektronische Ausrüstung zu sperren. Eine weitere Schaltungsanordnung ist vorgesehen, um die elektronische Ausrüstung wieder freizugeben, falls dieselbe aus dem Bereich bewegt wird, in dem das magnetische Feld die erste Schwelle übersteigt.

DE 196 26 596 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 11. 96 602 063/603

7/25

Diese Erfindung bezieht sich auf Magnetfeldsensoren und insbesondere auf einen Magnetfeldsensor, der in Verbindung mit einem elektronischen Gerät verwendet wird, und der den Betrieb des elektronischen Geräts gemäß dem Pegel eines erfaßten elektromagnetischen Feldes steuert.

Magnetresonanzabbildungs-Systeme (MRI-System; MRI = Magnetic Resonance Imaging) weisen große Magnetspulenstrukturen auf, welche in ihrer unmittelbaren Umgebung starke Magnetfelder hervorrufen. Innerhalb einer Öffnung in der Spulenstruktur (wo ein Patient plaziert ist) können Feldstärken im Bereich von 2000 Gauss — 15 000 Gauss auftreten. Obwohl die Feldintensität mit zunehmendem Abstand von der Spulenstruktur schnell abnimmt, ist es bekannt, daß innerhalb des MRI-HF-Gehäuses (HF = Hochfrequenz) noch hohe magnetische Restfelder vorhanden sind. Aus diesem Grund wird große Sorgfalt darauf verwendet, um sicherzustellen, daß es keinen magnetischen Gegenständen ermöglicht wird, in das MRI-HF-Gehäuse zu kommen oder in die Umgebung der MRI-Spulenstruktur gebracht zu werden.

Gegenwärtig werden gewisse Patientendiagnoseverfahren ausgeführt, während sich der Patient innerhalb der MRI-Einheit befindet. Während solcher Verfahren ist es notwendig, daß die Lebenszeichen der Patienten überwacht werden. Bei bekannten Systemen mußte eine Überwachungs-ausrüstung in vorher festgelegten Bereichen positioniert sein, um sichere Magnetfeldpegel aufzuweisen, woraus eine begrenzte Flexibilität bei der Verwendung einer derartigen Ausrüstung resultiert.

Obwohl es vorgezogen wird, daß gewisse elektronische Überwachungsgeräte innerhalb des MRI-HF-Gehäuses behalten werden, besteht immer eine Gefahr, daß ein Techniker als Folge des Bewegens der elektronischen Ausrüstung dieselbe in einen Bereich mit einer hohen Feldintensität bringt. Ein derartiges Feld kann entweder einen Schaden an der Ausrüstung verursachen oder die Patientensignale, die verarbeitet werden, auf eine derartige Art und Weise verzerren, daß die Lebenszeichen des Patienten entweder verschleiert werden oder, daß sich die Patientensignale derart verändern, daß unkorrekterweise eine Notfallsituation angezeigt wird oder, was vielleicht noch schlimmer ist, daß ein Notfallsignal als falscher Normalzustand verschleiert wird.

Folglich besteht ein Bedarf nach einer elektronischen Ausrüstung, die innerhalb eines HF-Gehäuses einer MRI-Einheit plaziert werden kann, und die außerdem auf eine Art und Weise arbeitet, die sicherstellt, daß genaue Signale der Lebenszeichen des Patienten erzeugt werden. Ferner besteht ein Bedarf, die elektronische Ausrüstung für den Fall zu schützen, daß ein Techniker dieselbe zu nahe an die MRI-Einheit bringt.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Schaltung zum Schutz von Elektroniksystemen sowie ein Verfahren zum Schutz von Elektroniksystemen zu schaffen, welche Elektroniksysteme sicher und flexibel vor zu hohen elektromagnetischen Feldern schützen.

Diese Aufgabe wird durch eine Schaltung zum Schutz eines transportierbaren Elektroniksystems in Anwesenheit eines elektromagnetischen Feldes mit einem hohen Pegel gemäß Anspruch 1 und durch ein Verfahren zum Schutz eines transportierbaren Elektroniksystems in Anwesenheit eines elektromagnetischen Feldes mit ei-

nem hohen Pegel gemäß Anspruch 8 erfüllt.

Eine Schutzschaltung steuert in Anwesenheit eines elektromagnetischen Feldes mit einem hohen Pegel eine elektronische Ausrüstung. Die Schutzschaltung weist eine Feldsensoranordnung auf, welche ein Ausgabesignal liefert, die magnetische Feldstärkekomponenten anzeigt, die entlang der drei orthogonalen räumlichen Achsen ausgerichtet sind. Eine Vektorumwandlerschaltung ist mit den Feldsensoren verbunden und liefert eine Ausgabe mit einer Größe, die die Vektorsumme der elektromagnetischen Feldstärkekomponenten anzeigt. Eine erste Anzeigevorrichtung reagiert auf eine Ausgabe von dem Vektorumwandler, der eine erste Schwelle erreicht, um ein Warnsignal kundzutun, daß die magnetische Feldstärke einen Warnpegel erreicht hat. Eine zweite Anzeigevorrichtung reagiert auf eine Ausgabe von dem Vektorumwandler, der eine zweite Schwelle erreicht, die höher als die erste Schwelle ist, um die elektronische Ausrüstung zu sperren. Eine weitere Schaltungsanordnung ist geschaffen, um die elektronische Ausrüstung wieder freizugeben, falls dieselbe aus dem Bereich bewegt wird, in dem das Magnetfeld die erste Schwelle übersteigt.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung, die eine MRI-Einheit und ein transportierbares elektronisches Überwachungssystem zeigt, das an einem Patienten befestigt ist.

Fig. 2 ein Diagramm einer Schutzschaltung, die die Erfindung derselben ausführt.

Fig. 3 ferner ein Ausführungsbeispiel eines Abschnitts der Schutzschaltung, die mehrere Alarmzustands-Anzeigen ermöglicht.

In Fig. 1 erzeugt ein MRI 10, wenn es betrieben wird, innerhalb seines Kerns 12 ein elektromagnetisches Feld mit einer hohen Intensität. Das Magnetfeld erstreckt sich auch außerhalb des Kerns, wie es durch Feldlinien 14 und 16 dargestellt ist. Ein auf Rädern befestigter Transportwagen 18 weist eine Elektronikausrüstung 20, die auf demselben befestigt ist, zum Überwachen der Lebenszeichen eines Patienten 21 auf. Die Elektronikausrüstung 20 ist mit einer Schutzschaltung versehen, wobei die Details derselben in Fig. 2 gezeigt sind. Wenn der Transportwagen 18 in die Nähe der MRI-Einheit 10 manövriert wird, ist es möglich, daß ein Techniker bewirken kann, daß die Elektronikausrüstung 20 zu nahe an den Magneten herankommt, und daß dieselbe sehr hohen Feldstärken ausgesetzt wird.

Eine Schutzschaltung innerhalb der Elektronikausrüstung 20 ist in Fig. 2 gezeigt, wobei dieselbe drei Hallbauelement-Feldsensoren 22, 24 und 26 aufweist, die jeweils orientiert sind, um die Feldstärkekomponenten zu erfassen, die nach den Achsen eines Kartesischen Koordinatensystems ausgerichtet sind, das der Anordnung der Sensoren 22, 24 und 26 zugeordnet ist. Der Hallsensor 22 ist derart orientiert, um eine Signalausgabe zu liefern, die eine Feldkomponente anzeigt, die entlang der X-Achse (siehe Fig. 1) orientiert ist. Der Hallsensor 24 ist positioniert, um eine Signalausgabe zu liefern, die eine Feldkomponente anzeigt, die entlang der y-Achse orientiert ist, und der Hallsensor 26 ist positioniert, um eine Signalausgabe zu liefern, die eine Feldkomponente anzeigt, die entlang der Z-Achse orientiert ist.

Jeder Hallsensor 22, 24 und 26 führt seine jeweilige Ausgabe einem Vektorumwandler 28 zu, welcher wie-

derum eine Spannungsausgabe liefert, deren Wert gleich der Quadratwurzel der Summe der quadrierten Werte jeder Sensorausgabe ist. Das resultierende Potential auf einer Leitung 30 ist gleich dem Absolutwert der Vektorsumme der X-, Y- und Z-Feldkomponente, die durch die Hallsensoren 22, 24 und 26 erfaßt werden. Der Vektorumwandler 28 ist eine handelsüblich erhältliche Schaltung und weist drei Vektorumwandlermodule AD637 auf, die von Analog Devices Inc. erhältlich sind.

Die Vektorumwandlerausgabe wird an Komparatoren 32 und 34 angelegt. Ferner werden zwei Referenzspannungen A und B an die Komparatoren 32 und 34 angelegt, wobei es die Referenzspannungen ermöglichen, daß deren Ausgaben einen Stufenwert zeigen, wenn eine Spannung auf der Leitung 30 eine jeweilige Referenzspannung überschreitet. Der Komparator 34 zeigt eine Hysterese, welche bewirkt, daß seine Ausgabe, sobald diese hoch ist, hoch bleibt, bis sein Eingangspegel auf einen Pegel reduziert wird, der ein Einstellwert ist, der niedriger als der Eingangspegel ist, welcher bewirkt hatte, daß seine Ausgabe in den hohen Zustand übergeht.

Die Referenzspannung A ist auf einen Pegel eingestellt, der eine Ausgabe von dem Vektorumwandler 28 anzeigt, wenn der erfaßte Vektor-Feldstärkenwert einen Warnzustand erreicht. Wenn das Potential der Leitung 30 die Referenzspannung A übersteigt, steigt folglich die Ausgabe des Komparators 30 auf einen hohen Pegel an, wodurch bewirkt wird, daß ein Transistor 36 leitend wird. Als Ergebnis leuchtet ein gelbes Anzeigevorrichtungslicht auf und liefert eine Warnung, daß die Feldstärke in der Umgebung der elektronischen Ausrüstung 20 einen Warnzustand erreicht hat.

Die Spannungsreferenz B ist auf einen höheren Pegel als der Spannungspegel A eingestellt und zeigt eine Signalausgabe von dem Vektorumwandler 28 an, die auftritt, wenn die erfaßte Vektorfeldstärke einen Pegel erreicht hat, bei dem die Ausrüstung Schaden nimmt oder eine deutliche Signalverschlechterung auftreten kann. Unter einer derartigen Bedingung liefert der Komparator 32 eine hohe Ausgabe, welche Transistoren 42 und 44 leitend macht. Das Leiten des Transistors 42 schaltet ein rotes Abschaltanzeigevorrichtungslicht 46 ein. Das Leiten des Transistors 44 liefert eine negative Spannungsschwankung auf einer Kollektorleitung 45, welche durch einen An/Aus-Steuereingang (nicht gezeigt) der elektronischen Ausrüstung 20 als ein Abschaltsignal erkannt wird. Als Reaktion darauf schaltet die elektronische Ausrüstung ihren Betrieb ab, bis wieder eine positive Spannungsverschiebung auf der Kollektorleitung 45 erfaßt wird.

Falls die Bedienungsperson daraufhin die elektronische Ausrüstung 20 aus einer Region mit einer hohen Feldstärke entfernt, derart, daß die Ausgabe auf der Leitung 30 mindestens um den Hysteresepegel in dem Komparator 32 unter die Referenzspannung A fällt, fällt die Ausgabe des Komparators auf einen niedrigen Pegel. Dieser Vorgang macht die Transistoren 42 und 44 nicht-leitend, wodurch das Abschaltanzeigevorrichtungslicht 46 abgeschaltet und die elektronische Ausrüstung 20 eingeschaltet werden.

Wenn man sich Fig. 3 zuwendet, ist dort eine digitale Version der Schaltung, die in Fig. 2 gezeigt ist, dargestellt. Die Ausgabe von dem Vektorumwandler 28 wird an einen Analog/Digital-Wandler (A/D-Wandler) 50 angelegt, welcher wiederum seine Ausgabe zu einer Zustandsmaschine 52 liefert. Die Zustandsmaschine 52 kann beispielsweise auf ein Eingabepotential von dem

A/D-Wandler 50 reagieren, das einer Vektorfeldgröße von 30 Gauss entspricht, um ein gelbes Warnlicht 54 leuchten zu lassen. Zur selben Zeit wird ein hörbarer Alarm 56 eingeschaltet, um anzuzeigen, daß die Warnung beachtet werden sollte.

Falls die erfaßte Feldstärkeausgabe von dem A/D-Wandler 50 60 Gauss übersteigt, wird über eine Leitung 58 ein Schwingungssignal an einen Alarm 56 angelegt, wobei das Signal dazu dient, den Ton des Alarms 56 mit einer Anfangsfrequenz zu modulieren. Sowie die gemessene Feldstärke zunimmt, nimmt auch die Modulationsfrequenz des Alarms 56 zu, wodurch angezeigt wird, daß die Vorrichtung höheren Feldstärken ausgesetzt ist. Bei einer angezeigten Feldstärke von 90 Gauss läßt die Zustandsmaschine 52 ein rotes Licht 60 leuchten, welches anzeigt, daß das Abschalten bevorsteht. Wenn eine Ausgabe von dem A/D-Wandler 50 eine Feldstärke von 100 Gauss oder höher kundtut, wird schließlich einem Latch 62 eine Ausgabe zugeführt, welcher eine negativ-gehende Spannungsschwankung ausgibt, welche die elektronische Schaltung 20 auf die oben beschriebene Art und Weise sperrt. Lediglich wenn die erfaßte Feldstärke unter einen voreingestellten Pegel fällt, wird der Latch 62 zurückgesetzt, wodurch eine positiv-gehende Spannungsschwankung geliefert wird, um den Betrieb der elektronischen Ausrüstung 20 wiederherzustellen.

Wie es oben gezeigt ist, berechnet der Vektorumwandler 28 eine Vektorsumme der drei Sensorausgaben durch Berechnen der Quadratwurzel der Summe der Quadrate, wobei derselbe eine zu der Vektorgröße des erfaßten Felds proportionale Spannung sowohl dem Audioalarm und als auch der Zustandsmaschine 52 zuführt. Die Vektorberechnung ermöglicht eine genauere Charakterisierung eines vorkommenden magnetischen Feldes, als wenn die Komparatoren mit jedem Hallsensor verwendet würden. Der Vektorumwandler 28 berechnet und verwendet bei der Berechnung des Vektorwertes inhärent das Quadrat der Sensorspannungen, weshalb derselbe in der Lage ist, bipolare Magnetfelder mit gleicher Leistungsfähigkeit zu erfassen. Die Ausgabe des Vektorumwandlers 28 kann entweder linear oder logarithmisch sein. In dem letzteren Fall werden die Referenzpotentiale demgemäß eingestellt.

Es ist offensichtlich, daß die vorhergehende Beschreibung lediglich die Erfindung darstellt. Verschiedene Alternativen und Modifikationen können von Fachleuten ausgedacht werden, ohne dabei von der Erfindung abzuweichen. Obwohl beispielsweise drei Feldsensoren gezeigt worden sind, können weniger Sensoren geeignet sein (z. B. X und Y), um das gewünschte Feldstärke-signal zu liefern. Ferner können passive Flußrichtungskomponenten verwendet werden, um die vorkommenden Felder aufzusummieren, und um die aufsummierten Felder zu einem einzigen Feldsensor zu führen. Obwohl Halleffekt-Bauelemente im Vorhergehenden als bevorzugte Feldsensoren beschrieben worden sind, können andere Magnetometer-Technologien verwendet werden, wie z. B. magneto-resistive Bauelemente, Sättigungsinduktivitätsbauelemente, Flußtor-Geräte ("fluxgate"-Geräte) und Lichtwellenleitersensoren, die magneto-optische Materialien verwenden.

#### Patentansprüche

1. Schaltung zum Schutz eines transportierbaren Elektroniksystems in Anwesenheit eines elektromagnetischen Feldes (16) mit einem hohen Pegel, wobei die Schaltung folgende Merkmale aufweist:

eine Felderfassungseinrichtung (22, 24, 26) zum Liefern von Ausgabesignalen, die die Feldstärkekomponenten des elektromagnetischen Feldes (16) anzeigen;  
 eine Schaltungseinrichtung (28), die mit der Felderfassungseinrichtung verbunden ist und auf die Ausgabesignale anspricht, um eine Ausgabe mit einer Größe zu liefern, die eine Vektorstärke des elektromagnetischen Feldes (16) anzeigt;  
 eine erste Anzeigeeinrichtung (34, 36, 38, 52), die auf eine Ausgabe von der Schaltungseinrichtung (28) anspricht, die eine erste Schwelle (Ref A) erreicht, zum Kundtun eines Signals, daß die Vektorstärke des elektromagnetischen Feldes (16) einen Warnpegel erreicht hat; und  
 eine zweite Anzeigeeinrichtung (32, 42, 44, 52), zum Ausgeben einer Anzeige, wenn eine Ausgabe von der Schaltungseinrichtung (28) eine zweite Schwelle (Ref B) erreicht, die höher als die erste Schwelle ist.  
 2. Schaltung gemäß Anspruch 1, bei der die Anzeige von der zweiten Anzeigeeinrichtung (32, 42, 44, 52) das Elektroniksystems sperrt.  
 3. Schaltung gemäß Anspruch 1 oder 2, bei der die zweite Anzeigeeinrichtung (32, 42, 44, 52) ferner einen Komparator (32) aufweist, der die Anzeige ausgibt, wenn die Ausgabe von der Schaltungseinrichtung (28) die zweite Schwelle (Referenz B) erreicht, wobei der Komparator (34) ferner wirksam ist, um die Anzeige nur zu entfernen, wenn die Ausgabe von der Schaltungseinrichtung (28) unter die erste Schwelle (Ref A) fällt.  
 4. Schaltung gemäß Anspruch 3, bei der die erste Anzeigeeinrichtung (52) ferner einen Audioalarm (56) betätigt, wenn die Ausgabe von der Schaltungseinrichtung (28) die erste Schwelle (Ref A) übersteigt, wobei dieselbe ferner den Audioalarm (56) moduliert, um einem Zuhörer zu ermöglichen, Veränderungen der Vektorstärke des elektromagnetischen Feldes (16) zwischen der ersten (Ref A) und der zweiten (Ref B) Schwelle wahrzunehmen.  
 5. Schaltung gemäß Anspruch 3 oder 4, bei der die zweite Anzeigeeinrichtung ein Warnlicht (60) leuchten läßt, wenn eine dritte Schwelle erreicht wird, die zwischen der ersten (Ref A) und der zweiten (Ref B) Schwelle und zwar näher an der zweiten Schwelle (Ref B) liegt.  
 6. Schaltung gemäß einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Felderfassungseinrichtung (22, 24, 26) mindestens drei Hallerfassungsbaulemente aufweist, wobei jedes Bauelement orientiert ist, um eine Feldstärkekomponente zu erfassen, die entlang einer Achse eines dreidimensionalen Kartesischen Koordinatensystems vorhanden ist.  
 7. Schaltung gemäß einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, bei der die erste Anzeigeeinrichtung (34, 36, 38, 52) und die zweite Anzeigeeinrichtung (32, 42, 44, 52) als Teile einer digitalen Zustandsmaschine (52) konfiguriert sind.  
 8. Verfahren zum Schutz eines transportierbaren Elektroniksystems in Anwesenheit eines elektromagnetischen Feldes mit einem hohen Pegel, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:  
 Liefern von Ausgabesignalen, die die Feldstärkekomponenten des elektromagnetischen Feldes anzeigen;  
 Kombinieren der Ausgabesignale, um eine Vektor-

ausgabe mit einer Größe zu liefern, die eine Vektorstärke des elektromagnetischen Feldes anzeigt; wenn die Vektorausgabe eine erste Schwelle erreicht, Kundtun eines Signals, daß die Vektorstärke des elektromagnetischen Feldes einen Warnpegel erreicht hat; und wenn die Vektorausgabe eine zweite Schwelle erreicht, die höher als die erste Schwelle ist, Ausgeben einer Anzeige desselben.  
 9. Verfahren gemäß Anspruch 8, das ferner den folgenden Schritt aufweist:  
 Ansprechen auf die Anzeige durch Sperren des Elektroniksystems.  
 10. Verfahren gemäß Anspruch 8 oder 9, bei dem, nachdem die Anzeige ausgegeben wurde, wenn die Vektorausgabe die zweite Schwelle erreicht, der folgende Schritt durchgeführt wird:  
 Entfernen der Anzeige nur, wenn die Vektorausgabe unter die erste Schwelle fällt.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

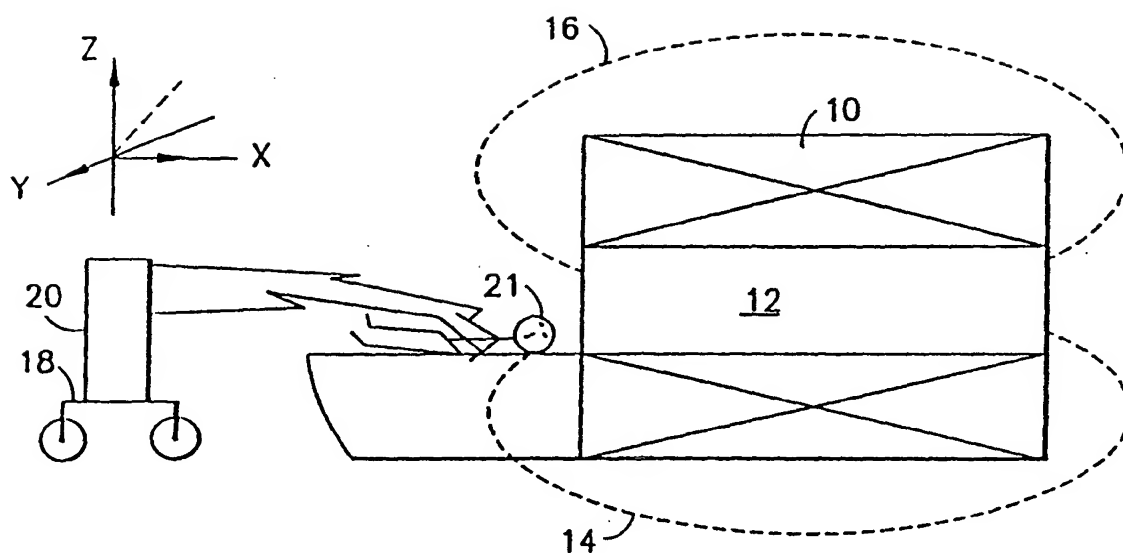


FIG. 1

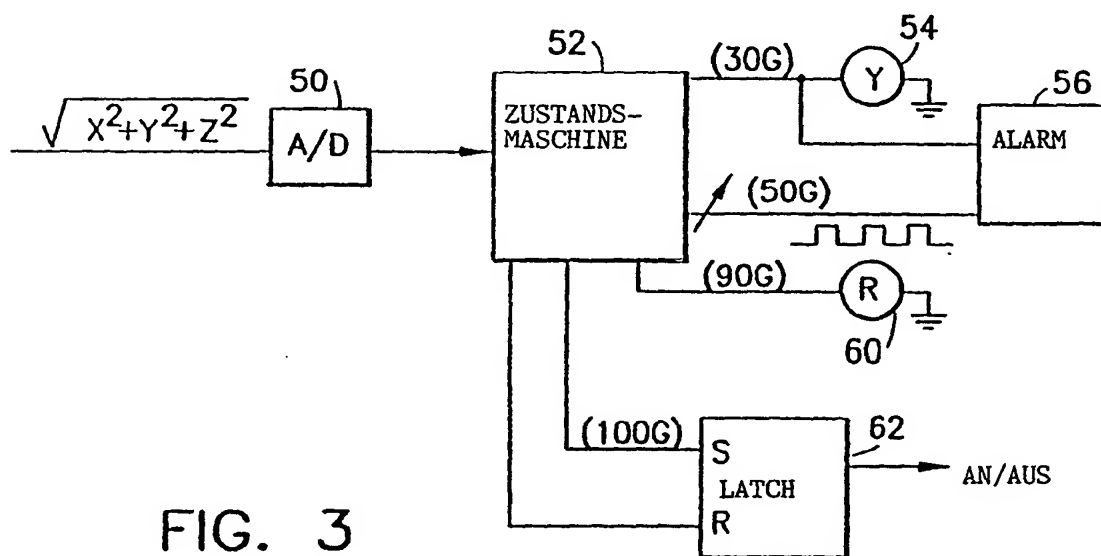


FIG. 3

